

# 大学間連携等による共同研究報告書

## 《栄養等の環境変化を感知し情報を細胞内部へ伝える分子機構の研究》

1. 報告書作成年月日：令和2年9月2日
2. 補助対象年度：令和元年度（平成31年4月1日～令和2年3月31日）
3. 共同研究期間：平成30年4月1日～令和3年3月31日
4. 研究の目的：

生物の基本単位である細胞は、おかれた環境の変化に常にさらされている。変化する要素は、温度、気圧、光といった物理的な要素や、利用可能な栄養素の量や種類、また、多細胞生物においては発生過程における細胞外からの分化を促す刺激などの生物学的な要素まで幅広い。これらの多種多様な環境因子の変化を感知し適切に応答する細胞のしくみは、生命を生命たらしめる根本的に重要な性質であると言える。本研究は、温度や光といった外部情報を生物個体が感知し適切に応答する仕組み、外部の情報を細胞内部に伝えるリン酸化・脱リン酸化ネットワークや栄養素を細胞外から取り込むための分子機構に関して研究を行い、真核生物において普遍的な知見を得ることを目的とする。特に、グルコースやリン酸、窒素源といった生物にとって重要な栄養素の量が変動した際の細胞の応答や、活性が変化するリン酸化・脱リン酸化ネットワークの解析に取り組む。使用する生物は、主に分裂酵母 *Schizosaccharomyces pombe* であるが、他の生物種との比較などにも注意をはらい、真核生物に普遍的な知見を獲得することを目指す。

### 5. 研究組織

#### (1) 研究代表者

研究分担者氏名：武田鋼二郎  
ローマ字氏名：Kojiro Takeda  
所属研究機関名：甲南大学  
部局名：理工学部生物学科  
職名：准教授

#### (2) 研究分担者

研究分担者氏名：今井博之  
ローマ字氏名：Hiroyuki Imai  
所属研究機関名：甲南大学  
部局名：理工学部生物学科  
職名：教授

研究分担者氏名：日下部岳広  
ローマ字氏名：Takehiro Kusakabe  
所属研究機関名：甲南大学  
部局名：理工学部生物学科  
職名：教授

研究分担者氏名：久原篤  
ローマ字氏名：Atsushi Kuhara  
所属研究機関名：甲南大学  
部局名：理工学部生物学科  
職名：教授

研究分担者氏名：本多大輔  
ローマ字氏名：Daisuke Honda  
所属研究機関名：甲南大学  
部局名：理工学部生物学科  
職名：教授

研究分担者氏名：斎藤成昭  
ローマ字氏名：Shigeaki Saito  
所属研究機関名：久留米大学  
部局名：分子生命科学研究所  
職名：教授

(3) 研究協力者  
なし

## 6. 実施経過と研究成果：(継続中)

本課題の研究のうち、分裂酵母を材料とした細胞外栄養源の感知と細胞応答機構に関係した研究経過と成果を以下に記述する。令和元年度は、平成30年度にひきつづき、真核生物におけるリン酸制御と経時寿命との関わりについて解析を進めたことに加え、新たに、細胞からのリン酸排出因子と考えられる膜タンパク質 Xpr1 の機能解析などについても研究を進めた。

### (1) リン酸取り込み制御因子である分裂酵母 Pqr1 と経時寿命の維持

リン酸は、遺伝子情報を担う核酸や細胞内外を隔てるリン脂質膜など、重要な生体分子の構成成分であるだけでなく、細胞内のほぼ全ての生化学反応に関与することから、原核生物・真核生物を問わず、必須の栄養素である。そのため、リン酸の過剰あるいは過少に対して、細胞は、リン酸濃度を感知し遺伝子発現の変化などを通して適切に応答し、リン酸恒常性を維持する仕組みを備えている。ヒト個体レベルでは、骨格は大量のリン酸カルシウムを含むためリン酸の貯蔵庫としての役割を兼ね備えている。血液(血清)中のリン酸濃度は、成人では0.8-1.5 mMの範囲に保たれており、FGF23やPTHのようなホルモンによって調節されることがよく知られている。しかしながら、ほ乳類の細胞レベルでのリン酸恒常性の維持については、細胞内情報伝達経路であるRaf/MEK/ERK1/2やAkt経路の関わりが報告されているものの、利用可能なリン酸の濃度を感知するシステムについては解明されていない<sup>1</sup>。

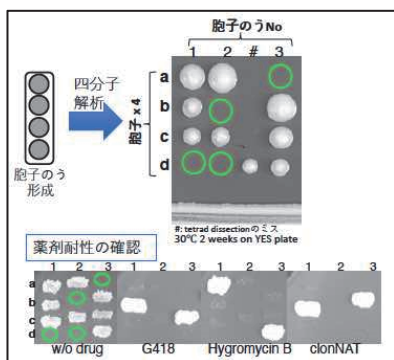
細胞レベルでの、リン酸濃度の感知や、その変化に対応するために分子システムが最もよく解明されている真核生物は、モデル生物である出芽酵母 *Saccharomyces cerevisiae* である。出芽酵母においては、利用可能なリン酸濃度に関する情報は、いわゆるPHO経路によって集約され、適切な遺伝子発現の調節が行われている。すなわち、リン酸が欠乏している際には、Pho80-Pho85キナーゼ複合体の活性が、Pho81によって阻害されている。Pho81は、リン酸濃度センサーとして機能することが提唱されているSPXドメインを有しており、細胞内のリン酸濃度情報はPho81を介してPho80-Pho85のキナーゼ活性へと変換される。Pho80-Pho85キナーゼ複合体は、転写因子であるPho4をリン酸化してその活性を阻害するため、Pho80-Pho85活性が低下しているリン酸欠乏時にはPho4によって様々なリン酸欠乏に対応する遺伝子の転写が活性化される。このように、出芽酵母のPHO経路は分子機構の詳細が理解されているものの、この機構は他の菌類や動植物では保存されておらず、真核生物に普遍的な機構とは言えない<sup>1</sup>。

分裂酵母 *S. pombe* は、出芽酵母とならんで細胞生物学研究に広く使用される真核生物のモデル系である。分裂酵母におけるリン酸濃度変化に対する細胞の応答に関しては、これまであまり研究が進んでいなかったが、前述の通り、出芽酵母で見られるようなPHO経路を構成する因子は保存されていないことが明らかとなっている。窒素飢餓によって誘導される分裂酵母の静止期における経時寿命に必要な因子を研究する過程で見出した、機能未解析のユビキチンリガーゼPqr1が、分裂酵母におけるリン酸取り込み制御の主要制御因子であることが、これまでの我々の研究によって明らかとなってきた。Pqr1は、細胞膜に存在する高親和性リン酸トランスポーターPho84とPho842のエンドサイトーシスを介した細胞内部への取り込みと、それに続く液胞での分解に関わることが明らかとなっている。すなわち、Pqr1は細胞へのリン酸取り込みを制限する因子とも言える。Pqr1が欠損した遺伝子破壊株( $\Delta pqr1$ )では、リン酸取り込みが亢進する結果、細胞内のリン酸、特にリン酸が直鎖状に共有結合したポリマーであるポリリン酸(polyP)が過剰に蓄積する。その結果、窒素源枯渇下のアミノ酸リサイ

クルに必要なオートファジー依存的なタンパク質分解が正常に働かず、致死となることがわかっている。2019年度は、一連の研究を学術論文としてまとめるために、実験結果の検証実験、(特にPqr1依存的なPho84のユビキチン化の検証)、およびポリリン酸代謝系の遺伝子破壊株(Ppn1、Ppn2、Ppx1)が窒素源枯渇下でしめす表現型の解析をおこなった。これらの結果は、現在(2020年9月)、学術雑誌に投稿中である。

## (2) 潜在的なリン酸排出因子である分裂酵母Xpr1の機能解析

リン酸を細胞外から内部に取り込む膜タンパク質である一連のリン酸トランスポーターについては、細菌、真菌類、植物および動物において詳細な研究がなされているが、細胞内部からリン酸を排出する因子に関しては、知見に乏しい。魚類や哺乳類では、XPR1と呼ばれる8回膜貫通型の膜タンパク質がリン酸排出に関与することが報告されている。XPR1はヒトの難病である特発性基底核石灰化症の原因遺伝子であり、医学的な観点からも興味深い因子である。XPR1はN末端側にリン酸濃度センサーとして機能するSPXドメインを、C末端側に膜貫通領域を含むEXSドメインをもつタンパク質であり、真菌類、植物、動物にオルソログが存在する。興味深いことに、各種の動物においては、XPR1がリン酸センサーSPXドメインを有する唯一のタンパク質であり、動物のリン酸制御におけるXPR1の重要性が予想されている<sup>2</sup>。しかしながら、XPR1の詳細な分子機能、制御機構、関連因子などは、研究が進んでおらず、出芽酵母のオルソログ(Syg1)に至ってはリン酸排出活性を検証した研究も報告されていない。我々は、分裂酵母のXPR1オルソログ(SPCC1827.07c、以下、Xpr1)に着目し、2019年度から解析を開始した。Xpr1を欠損した遺伝子破壊株( $\Delta xpr1$ )は、全ての温度で生育可能であったが、リン酸取り込み抑制因子Pqr1、ポリリン酸合成酵素のサブユニットVtc4を共に欠失させた三重破壊株( $\Delta xpr1\Delta pqr1\Delta vtc4$ )は致死であることがわかった(図1)。この結果は、リン酸取り込みが亢進する状態( $\Delta pqr1$ )において、遊離リン酸を排出することも出来ず( $\Delta xpr1$ )、ポリリン酸として液胞内に隔離することもできない( $\Delta vtc4$ )場合、細胞の生存に致命的な悪影響が出ることを示唆している。この結果は、リン酸の取り込み、排出、重合、という3つの異なる経路が協調的に機能する必要があることを示しており、今後の解析(三重破壊株の表現型など)が待たれる。



【図1】 $\Delta pqr1\Delta vtc4\Delta xpr1$ は致死である

$\Delta pqr1::hphMX$  (ハイグロマイシン耐性)と $\Delta vtc4::natMX\Delta xpr1::kanMX$ とを交配し、四分分子解析をおこなった(上段)。形成された孢子由来のコロニーの薬剤耐性を調べ(下段)、三重破壊株(G418、ハイグロマイシン、clonNATのいずれにも耐性)は生育不能であることが明らかとなった。図中の緑色の円の部分に三重破壊株のコロニーが形成されるはずであることが遺伝解析から推定される。

また、真菌類においては、動物のXPR1のオルソログが存在することは、それぞれの種のゲノム計画から明らかとなり、公表もされているが、菌類オルソログが真にリン酸排出因子であるという実験的な証明はない。分裂酵母Xpr1のリン酸排出活性を検証することには意味があり、今後の課題である。

## (3) リン酸枯渇後の分裂酵母細胞のポリリン酸量変化とTORC1活性変動

Target of Rapamycin Complex I (TORC1)は、真核生物で高度に保存されたセリン/スレオニンキナーゼ活性を持つタンパク質複合体であり、利用可能な栄養素の量に応答し細胞の代謝反応を制御するマスターレギュレータである。糖尿病などの代謝疾患、がんなど多くの疾病に関わることから、集中的な研究が行われてきた。TORC1の活性を左右する栄養素として、最も理解が進んでいるのはアミノ酸(窒素源)であり、酵母やほ乳類細胞などを用いて、細胞内のアミノ酸量を感知するメカニズムと、それらとTORC1をつなぐシグナル伝達経路が解明されてきた。アミノ酸に加え、リン酸の利用可能量も細胞内において何らかの機構で感知され、その情報がTORC1活性の制御へ出力されていることが、最近の研究で報告され始めているが、その分子の実態は明らかになっていない<sup>3</sup>。

本研究によって、分裂酵母におけるリン酸取り込みの主要制御因子としてPqr1が明らかとなったため、Pqr1や、細胞内ポリリン酸を合成するVtc4、ポリリン酸を分解してリン酸飢餓時にリン酸源を供給するポリリン酸分解酵素(Ppn1、Ppn2、Ppx1)などの遺伝子破壊株がリン酸枯渇後にどのように応答するか、また、リン酸枯渇後に細胞内ポリリン酸量がどのように変化するか、さらにTORC1活性のリン酸枯渇後の変化を詳細に解析した。その結果、野生株では、リン酸枯渇後、ポリリン酸量は速や

かに減少をはじめ、2時間後には枯渇前の10-20%にまで減少すること、TORC1活性はポリリン酸量の減少よりも遅れて、リン酸枯渇後4-6時間後から減少が認められること、が明らかとなった。もともとポリリン酸量が多い $\Delta pqr1$ では、野生型よりもTORC1活性の低下のタイミングが遅かった。以上より、分裂酵母ではリン酸枯渇後、まず蓄積されていたポリリン酸が消費され、その期間はTORC1活性は比較的高く保たれるが、ポリリン酸枯渇後はTORC1活性も減少し、細胞の飢餓対応が始まると考えられる。TORC1活性の低下が顕著となるリン酸枯渇後8時間以降では、Atg13やAtg5に依存したオートファジーが活性化し、細胞質成分の分解が始まる。リン酸枯渇条件下で、細胞質成分の何を分解して飢餓対応を行なっているか、今後の解析が期待される。

#### [引用文献]

1. Phosphate as a Signaling Molecule and Its Sensing Mechanism.  
Michigami T, Kawai M, Yamazaki M, Ozono K. *Physiol Rev.* 2018 Oct 1;98(4):2317-2348.  
doi: 10.1152/physrev.00022.2017
2. The inositol hexakisphosphate kinases IP6K1 and -2 regulate human cellular phosphate homeostasis, including XPR1-mediated phosphate export.  
Wilson MS, Jessen HJ, Saiardi A. *J Biol Chem.* 2019 Jul 26;294(30):11597-11608.  
doi: 10.1074/jbc.RA119.007848. Epub 2019 Jun 11.
3. Phosphate is the third nutrient monitored by TOR in *Candida albicans* and provides a target for fungal-specific indirect TOR inhibition.  
Liu NN, Flanagan PR, Zeng J, Jani NM, Cardenas ME, Moran GP, Köhler JR. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2017 Jun 13;114(24):6346-6351. doi: 10.1073/pnas.1617799114. Epub 2017 May 31.

## 7. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 3 件)

〔学会発表〕 (計 65 件)

〔図書〕 (計 1 件)

〔雑誌論文〕

Hasi, RY., Miyagi, M., Morito, K., Ishikawa, T., Kawai-Yamada, M., Imai, H., Fukuta, T., Kogure, K., Kanemaru, K., Hayashi, J., Kawakami, R., Tanaka, T.: Glycosylinositol phosphoceramide-specific phospholipase D activity catalyzes transphosphatidylation. *J Biochem.*, 166, 441-448, (2019.11).

Takagaki N., Ohta A., Ohnishi K., Kawanabe A., Minakuchi Y., Toyoda A., Fujiwara Y., Kuhara A.  
The mechanoreceptor DEG-1 regulates cold tolerance in *Caenorhabditis elegans*  
*EMBO reports*, e48671, 1-14, 2020 (Article)  
(DOI:10.15252/embr.201948671)

Sun S., Ohta A., Kuhara A., Nishikawa Y., Kage-Nakadai E.  
daf-16/FOXO isoform b in AIY neurons is involved in low preference for *Bifidobacterium infantis* in  
*Caenorhabditis elegans*  
*Neuroscience Research*, 150, 8-16, 2020

〔学会発表〕

Hiroyuki Imai: Glucosylceramide profiles in the leaves of *gymnosperms and angiosperms*. 9th European Symposium on Plant Lipids, *Marseille* (2019.7)

今井博之, 田中保, 石川寿樹, 川合真紀: LC-MS/MS によるフィトセラミド 1-リン酸分子種の定量解析. 第 92 回日本生化学会大会, 横浜 (2019.9)

田中保, Rumana Yesmin Hasi, 森戸克弥, 小暮健太朗, 林順司, 川上竜巳, 金丸芳, 今井博之, 石川寿樹: グリコシルイノシトール ホスホセラミドの単離法の開発. 第 12 回セラミド研究会学術集会, 札幌 (2019.10)

岡畑美咲, Aguan D. Wei, 大田茜, 久原篤  
酸素濃度依存的に低温馴化を制御する神経回路  
関西線虫勉強会  
関西学院大学の梅田キャンパス, 大阪市, 大阪府 2020. 1. 11

Natsune Takagaki, Akane Ohta, Kohei Ohnishi, Akira Kawanabe, Yohei Minakuchi, Atsushi Toyoda, Yuichiro Fujiwara & Atsushi Kuhara  
Mechanoreceptor-mediated circuit regulates cold tolerance in *Caenorhabditis elegans*  
関西線虫勉強会  
関西学院大学の梅田キャンパス, 大阪市, 大阪府 2020. 1. 11

藤井智子, 本村晴佳, 太田茜, 久原篤  
線虫 *C. elegans* の温度馴化現象を司る神経ペプチド分子と神経回路の解析  
Analysis of neural circuits and neuro peptide molecules involve in temperature acclimation of *C. elegans*  
日本分子生物学会  
福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 2019. 12. 3-6

高垣菜式, 太田茜, 大西康平, 水口洋平, 豊田敦, 久原篤  
線虫 *C. elegans* のメカノレセプター-DEG-1 を介した低温耐性の温度情報伝達  
日本分子生物学会  
福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 2019. 12. 3-6

岡畑美咲, Aguan D. Wei, 大田茜, 久原篤  
線虫 *C. elegans* の酸素濃度依存的な温度情報伝達に関わる神経回路の解析

- Neuronal circuit of temperature signaling depending on oxygen concentration in *C. elegans*  
日本分子生物学会  
福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 2019. 12. 3-6
- 大西康平、三浦徹、宇治澤知代、太田茜、久原篤  
*C. elegans* の低温耐性現象における温度受容体 GPCR  
日本分子生物学会  
福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 2019. 12. 3-6
- 井関敏啓、高垣菜式、水口洋平、豊田敦、太田茜、久原篤  
転写伸長因子 TCEB-3 が線虫 *C. elegans* の低温耐性を制御する  
日本分子生物学会  
福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 2019. 12. 3-6
- 本村晴佳、藤井智子、五百藏誠、久原篤、太田茜  
線虫の温度馴化を促進する神経回路の解析  
日本分子生物学会  
福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 2019. 12. 3-6
- 水野賢美、高垣菜式、水口洋平、豊田敦、太田茜、久原篤  
線虫 *C. elegans* の低温耐性に関わるアミノ酸輸送体と RSBP の解析  
日本分子生物学会  
福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 2019. 12. 3-6
- 高垣菜式、大西康平、太田茜、久原篤  
線虫 *C. elegans* から見つかった GPCR 型と DEG 型の新規の温度受容体  
異分野融合による次世代光生物学(研究会)  
岡崎コンファレンスセンター (中会議室) (岡崎、愛知) 2019. 11. 7-8
- 久原篤、岡畑美咲、Aguan D. Wei、大田茜  
化学受容ニューロンで制御される温度馴化メモリー  
日本生化学会  
パシフィコ横浜(横浜、神奈川) 2019. 9. 18
- 大西康平、三浦徹、宇治澤知代、太田茜、久原篤  
線虫 *C. elegans* の低温耐性に関わる GPCR 型温度センサー同定と解析  
動物学会  
大阪市立大学 2019. 9. 12-14
- 井関敏啓、高垣菜式、水口洋平、豊田敦、太田茜、久原篤  
線虫 *C. elegans* の低温耐性を正に制御する転写伸長因子 TCEB-3  
動物学会  
大阪市立大学 2019. 9. 12-14
- 岩戸茜、岡畑美咲、小山穂美、吉名佐和子、水口洋平、豊田敦、太田茜、久原篤  
線虫 *C. elegans* の低温馴化の多様性を引き起こす遺伝子多型  
動物学会  
大阪市立大学 2019. 9. 12-14
- 水野賢美、高垣菜式、水口洋平、豊田敦、太田茜、久原篤  
線虫 *C. elegans* の低温耐性に関わる新規遺伝子の同定  
動物学会  
大阪市立大学 2019. 9. 12-14
- 藤井智子、本村晴佳、五百藏誠、久原篤、太田茜  
神経ペプチド様分子によって調節される線虫 *C. elegans* の温度馴化神経回路  
動物学会  
大阪市立大学 2019. 9. 12-14

Misaki Okahata, Aguan D. Wei, Akane Ohta, Atsushi Kuhara  
線虫 *C. elegans* の低温馴化において酸素情報が温度受容ニューロンを調節する  
遺伝学会  
福井大学 2019. 9. 11-13

Natsune Takagaki, Akane Ohta, Kohei Ohnishi, Yohei Minakuchi, Atsushi Toyoda, Yuichiro Fujiwara  
& Atsushi Kuhara  
Temperature sensation via mechanoreceptor DEG-1 in *C. elegans* cold tolerance  
遺伝学会  
福井大学 2019. 9. 11-13

本村晴佳, 藤井智子, 五百藏誠, 久原篤, 太田茜  
温度馴化シグナルを伝達する神経回路解析  
遺伝学会  
福井大学 2019. 9. 11-13

Akane Ohta & Atsushi Kuhara  
Transcriptome analysis of ASJ thermosensory neuron in cold tolerance using single neuron RNA-seq  
method  
線虫研究の未来を創る会 2019  
名古屋大学 2019. 8. 21-22

大西康平, 三浦徹, 宇治澤知代, 太田茜, 久原篤  
*C. elegans* の低温耐性に関与する GPCR 型温度センサーの同定と解析  
線虫研究の未来を創る会 2019  
名古屋大学 2019. 8. 21-22

久原篤  
線虫 *C. elegans* の低温耐性における  
温度応答メカニズム  
広島大学大学院理学研究科第 13 回 細胞生物学研究室セミナー  
広島大学 2019. 7. 26

Misaki Okahata, Aguan D. Wei, Akane Ohta, Atsushi Kuhara  
Neural circuit integrating between oxygen and temperature signaling in *C. elegans*  
神経科学会  
朱鷺メッセ(新潟市、新潟県) 2019. 7. 25-28

太田茜, 岡畑美咲, 大西康平, 高垣菜式, 久原篤  
線虫 *C. elegans* の低温耐性の分子・組織ネットワーク  
第 3 回冬眠休眠研究会  
神戸理化学研究所 発生・再生研究棟 C オーディトリウム 2019. 7. 20-21

Akane Iwato, Misaki Okahata, Honomi Koyama, Sawako Yoshina, Yohei Minakuchi, Atsushi Toyoda,  
Shohei Mitani, Akane Ohta, Atsushi Kuhara  
Identification of genes required for natural variation affecting temperature acclimation  
22th *C. elegans* International conference  
UCLA(Los. Angels, USA) 2019. 6. 20-24

Satomi Mizuno, Natsune Takagaki, Yohei Minakuchi, Atsushi Toyoda, Akane Ohta, Atsushi Kuhara  
Genetic analysis underlying positive regulation of cold tolerance  
22th *C. elegans* International conference  
UCLA(Los. Angels, USA) 2019. 6. 20-24

Natsune Takagaki, Akane Ohta, Kohei Ohnishi, Yohei Minakuchi, Atsushi Toyoda, Yuichiro Fujiwara  
& Atsushi Kuhara  
Mechanoreceptor-mediated temperature sensation in cold tolerance  
22th *C. elegans* International conference

UCLA(Los. Angels, USA) 2019. 6. 20-24

Haruka Moto, ura, Satoko Fujii, Makoto Ioroi, Atsushi Kuhara, Akane Ohta  
Neural circuit spanning the entire body regulates temperature acclimation  
22th C. elegans International conference  
UCLA(Los. Angels, USA) 2019. 6. 20-24

太田茜、岡畑美咲、大西康平、久原篤  
線虫 C. elegans の低温耐性における温度センシングシステム  
第 19 回日本蛋白質科学会年会・第 71 回日本細胞生物学会大会 合同年次大会  
神戸国際会議場(神戸市、兵庫県) 2019. 6. 24

大杉 和寛、大西康平、坂本 裕哉、高垣菜式、三浦 徹、太田 茜、久原 篤  
線虫 C. elegans の低温耐性を制御する新規 GPCR 型温度受容体 SRX の解析  
動物学会近畿支部会  
甲南大学ポートアイランドキャンパス(神戸市、兵庫県) 2019. 5. 11

三井愛理、織井秀文、日下部岳広、西方敬人、梅園良彦  
プラナリアの体長測定方法の確立  
2019 年日本動物学会近畿支部春季研究発表会, 神戸 (2019.5.11) 口頭

山本真帆、森継奈穂、常深秀人、堀江健生、大沼耕平、日下部岳広  
ホヤ胚のフロアプレートと内胚葉索に共通な遺伝子発現調節機構の解析  
2019 年日本動物学会近畿支部春季研究発表会, 神戸 (2019.5.11) 口頭

山本真帆、森継奈穂、常深秀人、大川奈菜子、堀江健生、大沼耕平、日下部岳広  
ホヤ胚のフロアプレートと内胚葉索にみられる遺伝子発現調節機構の共通性  
日本動物学会第 90 回大会, 大阪 (2019.9.12) 口頭

川上泰治、緒方翼、横森類、坂本倫紀、野口大樹、原田瑞輝、行者露、鈴木穰、中井謙太、  
大道裕、日下部岳広  
UV 錐体特異的 miRNA (miR-729) 欠損メダカの網膜トランスクリプトームと視細胞モザイク  
パターン解析  
日本動物学会第 90 回大会, 大阪 (2019.9.14) 口頭

山本真帆、森継奈穂、常深秀人、大川奈菜子、堀江健生、大沼耕平、日下部岳広  
脊索動物胚の中軸構造の発生を制御する遺伝子プログラムの進化：フロアプレートとハイポ  
コードの遺伝子発現調節機構の共通性  
第 42 回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019.12.5) ポスター

大川奈菜子、泉有紗、曾谷実玖、大倉正道、中井淳一、堀江健生、久原篤、日下部岳広  
ホヤ幼生の遊泳運動における GnRH 神経系と上皮細胞の役割  
第 42 回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019.12.5) ポスター

緒方翼、佐藤南美、大沼耕平、日下部岳広  
ホヤ幼生眼点のレンズ特異的分子マーカーの同定とレンズ細胞の発生機構の解析  
第 42 回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019.12.5) ポスター

川上泰治、緒方翼、横森類、坂本倫紀、野口大樹、原田瑞輝、行者露、鈴木穰、中井謙太、  
大道裕、日下部岳広  
錐体視細胞特異的 miRNA 欠損メダカの網膜トランスクリプトームと視細胞モザイクパター  
ンの解析  
第 42 回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019.12.5) ポスター

Taichi Akahoshi, Kouhei Oonuma, Makoto Murakami, Takeo Horie, Takehiro G. Kusakabe, Kohji  
Hotta, Kotaro Oka  
A single pair of A10.64 motor neuron showing Ca<sup>2+</sup> oscillation is an essential component of central  
pattern generator for ascidian swimming locomotion



第 42 回日本分子生物学会年会ワークショップ「Molecular genetics in neuroscience: from synapse development to circuit function」, 福岡 (2019.12.5) 口頭

Nanako Okawa, Kotaro Shimai, Masamichi Ohkura, Junichi Nakai, Takeo Horie, Atsushi Kuhara, Takehiro G. Kusakabe

*In vivo* calcium-imaging reveals a possible role of the GnRH system in larval swimming of *Ciona*  
10th International Tunicate Meeting, Villefranche-sur-Mer, France (2019.7.10) 口頭

Kouhei Oonuma, Takehiro G. Kusakabe

Left-right asymmetric development of cells in the larval brain of *Ciona*  
10th International Tunicate Meeting, Villefranche-sur-Mer, France (2019.7.10) 口頭

Fuki Gyoja, Miyuki Kanda, Takehiro G. Kusakabe, Nori Satoh

A genome-wide survey of muscle structural genes in *Molgula tectiformis* suggests an ancient origin of its anural mode of development

10th International Tunicate Meeting, Villefranche-sur-Mer, France (2019.7.11) ポスター

Shuto Tsunemi, Naho Moritsugu, Kouhei Oonuma, Mike Levine, and Takeo Horie, and Takehiro G. Kusakabe

Evolution of developmental programs for the midline structures in chordates: insights from gene regulation in the floor plate and hypochord homologues of *Ciona* embryos

10th International Tunicate Meeting, Villefranche-sur-Mer, France (2019.7.12) 口頭

馬詰 悠, 石橋 洋平, 伊東 信, 早川 靖彦, 本多 大輔

エレクトロポレーション法を用いた, *Parietichytrium* sp. (ラビリントチュラ類) への遺伝子導入の試み  
日本藻類学会第 44 回大会 (鹿児島) 2020.3

宮岡 利樹, 茂木 大地, 本多 大輔

ラビリントチュラ類 *Aplanochytrium* 属株が栄養源とできる藻類の多様性  
日本藻類学会第 44 回大会 (鹿児島) 2020.3

Yoko Hamamoto, Takanori Shono, Ryosuke Nakai, Mayumi Ueda, Satoshi Nagai, and Daiske Honda

STUDIES ON ECOLOGICAL ROLE AND EFFECT OF LABYRINTHULIDS IN MARINE ENVIRONMENT (LABYRINTHULEA, STRAMENOPILES)

International Symposium on Aquatic Metagenomics 2019.11

Junya Hirai, Yoko Hamamoto, Diske Honda, Kiyotaka Hidaka, Satoshi Nagai and Tadafumi Ichikawa

Metabarcoding diet analysis for revealing predator-prey relationships during the spawning period of Japanese sardine and Pacific round herring in Tosa Bay

PICES 2019 Annual Meeting 2019.10

浜本 洋子, 庄野 孝範, 中井 亮佑, 上田 真由美, 長井 敏, 本多 大輔

海洋真核生物ラビリントチュラ類の生態学的役割と影響

日本微生物生態学会第 33 回大会 2019.9

浜本洋子, 庄野孝範, 中井亮佑, 上田真由美, 長井敏, 桑田晃, 菊地淳, 本多大輔

DHA を蓄積する海洋真核生物ラビリントチュラ類の生態学的役割

令和元年度漁場環境保全関係研究開発推進会議 赤潮・貝毒部会 2019.12

Yoko Hamamoto, Takanori Shono, Ryosuke Nakai, Mayumi Ueda, Satoshi Nagai, and Daiske Honda

Studies on ecological role and effect of labyrinthulids in marine environment (Labyrinthulea, Stramenopiles)

First International Conference on Labyrinthulean Protists 2019.8 招待講演

Minato Kasari, Natsumi Hasegawa, Yohei Ishibashi, Tomofumi Miyamoto, Masahiro Hayashi, Daiske Honda, Nozomu Okino, and Makoto Ito

Distribution of a novel sphingolipid, ceramide glyoxylic ethanolamine (CGE), in thraustochytrids

First International Conference on Labyrinthulean Protists 2019.8

Toshiki Miyaoka, Ryosuke Nakai, and Daiske Honda  
Search for nutrients required for growth of the strains of “difficult-to-culture” aplanochytrids  
First International Conference on Labyrinthulean Protists 2019.8

Tomi Morimoto, Yoko Hamamoto, Mayumi Ueda and Daiske Honda  
Examination of quantitative PCR to quantify the abundance of oblongichytrids in marine environment  
First International Conference on Labyrinthulean Protists 2019.8

Yui Takeuchi, Ayako Matsuda, Daiske Honda, Takayoshi Sekiguchi, Li Han, and Masahiro Hayashi  
Characterization of novel eicosapentaenoic acid producing thraustochytrid  
First International Conference on Labyrinthulean Protists 2019.8

Haruka Umazume, Yohei Ishibashi, Makoto Ito, Yasuhiko Hayakawa, and Daiske Honda  
Examination of the condition in the gene transfer into *Parietichytrium* cells by electroporation (Labyrinthulea, Stramenopiles)  
First International Conference on Labyrinthulean Protists 2019.8

Haruka Nakamura, Runa Mori, Yoko Hamamoto, Takanori Shono, Akira Kuwata, and Daiske Honda  
Examination of the condition of CARD-FISH for specific detection of the aplanochytrid cells  
First International Conference on Labyrinthulean Protists 2019.8

武田鋼二郎  
分裂酵母の経時寿命維持におけるポリリン酸量制御の重要性  
第9回 TOR 研究会, 久留米シティプラザ, 久留米市

Takeda, K., Sawada, N and Ueno, S.  
SPX-RING ubiquitin ligase Pqr1 regulates intracellular levels of phosphate and polyphosphate, ensuring proper autophagic proteolysis.  
10th International Fission Yeast Meeting POMBE2019. 2019. Barcelona, Spain.

澤田尚哉、上野菜里、太田圭佑、紙谷竜馬、羽原ひな、興梶佑里香、  
武田鋼二郎  
分裂酵母の経時寿命維持におけるポリリン酸制御の重要性  
酵母遺伝学フォーラム第52回研究報告会, 9月, 静岡市清水文化会館マリナート

澤田尚哉、上野菜里、神崎さやか、武田鋼二郎  
リン酸取り込み制御に関わる E3 リガーゼ Pqr1 欠損が引き起こすオートファジー依存的タンパク質分解異常  
酵母遺伝学フォーラム第52回研究報告会, 9月, 静岡市清水文化会館マリナート

澤田尚哉、上野菜里、神崎さやか、武田鋼二郎  
リン酸取り込み制御に関わる E3 リガーゼ Pqr1 欠損が引き起こすオートファジー依存的タンパク質分解異常  
日本分子生物学会第42回年会 12月, 福岡国際会議場

武田鋼二郎  
分裂酵母の経時寿命におけるポリリン酸制御の重要性  
関西学院大学理工学部, 3月

〔図書〕

石川寿樹、今井博之  
第7章 植物のセラミド関連脂質  
セラミド研究の新展開：基礎から応用へ  
セラミド研究会編集, 食品化学新聞社, (2019.6).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)